أعداد الاستاذ: علي جعفر هادي / ماجستير علوم فيزياء

07700735728

جمهورية العراق – وزارة التربية
الدور الثاني ١٤٣٧هـ - ٢٠١٦م
الوقت : ثلاث ساعات



اللجنة الدائمة للامتحانات العامة
الدراسة : الإعدادية / العلمي
المادة : الفيزياء

ملاحظة : الإجابة عن خمسة أسئلة فقط (لكل سؤال ٢٠ درجة)

س1 : A- متسعتان ($c_1 = 6\mu F$, $c_2 = 12\mu F$) مربوطتان مع بعضهما على التوازي فإذا شحنت مجموعتهما بشحنة كلية مقدارها ($180\mu C$) بوساطة مصدر للفولطية المستمرة فإذا فصلت المجموعة عن البطارية وأدخل لوح من مادة عازلة كهربائياً ثابت عزلها (4) بين صفيحتي المتسعة الأولى ، جد مقدار الشحنة المختزنة بين صفيحتي كل متسعة وفرق جهد كل متسعة قبل وبعد إدخال العازل .

B- أجب عن اثنين فقط : 1) هل يمكن للمجال المغناطيسي أن يولد تياراً كهربائياً في حلقة موصلة مقفلة ؟ وضح ذلك .
2) علام يعتمد مقدار عامل القدرة في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف ($R-L-C$) .
3) أيهما أفضل لتوليد الليزر منظومة المستويات الثلاثة أم منظومة المستويات الأربعة ؟ ولماذا ؟

س2 : A- سقط ضوء تردده ($0.75\times10^{15}\ HZ$) على سطح معدن فكان جهد القطع اللازم لإيقاف الالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى ($0.3V$) ، جد مقدار تردد العتبة لهذا المعدن .

B- علل اثنين مما يأتي : 1) تعاني الموجات المنعكسة عن السطح الأمامي للغشاء الرقيق انقلاب في الطور بمقدار 180° .
2) نقصان مقدار السعة المكافئة لمجموعة المتسعات المربوطة على التوالي .
3) انسياب تيار كبير في دائرة الثنائي البلوري Pn عندما تزداد فولطية الانحياز بالاتجاه الأمامي .

س3 : A- دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على محث ومقاومة صرف مقدارها (30Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدراً للفولطية المتناوبة تردده $50Hz$ وفرق الجهد بين طرفيه ($100V$)، وكان مقدار القدرة الحقيقية في الدائرة $120W$ ومقدار رادة الحث (160Ω) وللدائرة خصائص سعوية ، جد مقدار : 1) التيار في الدائرة 2) سعة المتسعة
3) ارسم مخطط الممانعة واحسب مقدار قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار .

B- اختر الإجابة الصحيحة لاثنين فقط مما يأتي :
1) متسعة مقدار سعتها ($20nF$) ولكي تختزن طاقة في مجالها الكهربائي مقدارها ($256\times10^{-8} J$) يتطلب ربطها بمصدر فرق جهده مستمر يساوي : ($500V$, $150V$, $16V$, $12V$) .
2) افترض أنه قيس موضع جسيم بدقة تامة أي أن ($\Delta x = 0$) فإن اقل لا دقة في زخم هذا الجسيم تساوي :
($\frac{h}{4\pi}$ ، $\frac{h}{2\pi}$ ، 0 ، ما لا نهاية)
3) عندما تعاني نواة تلقائياً انحلال بيتا الموجبة فإن عددها الذري :
(يزداد بمقدار واحد ، يقل بمقدار واحد ، لا يتغير ، يقل بمقدار أربعة)

س4 : A- ملف معامل حثه الذاتي ($0.4H$) ومقاومته (20Ω) وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارها ($200V$) احسب مقدار : المعدل الزمني لتغير التيار a) لحظة غلق الدائرة b) لحظة ازدياد التيار إلى 40 % من مقداره الثابت .

B- اجب عن اثنين مما يأتي : 1) ماذا يحصل عند اعتراض هدف الكرافيت النقي لحزمة أشعة سينية ؟
2) أيهما أفضل لزيادة التوصيل الكهربائي لأشباه الموصلات النقية ، عملية التشويب أم التأثير الحراري ؟ وضح ذلك .
3) هل يمكن لجسم ما أن تصل سرعته إلى سرعة الضوء في الفراغ ؟ ولماذا ؟

س5 : A- جد طاقة الربط النووية لنواة النتروجين (${}^{14}_{7}N$) ومعدل طاقة الربط النووية لكل نيوكليون إذا علمت أن كتلة ذرة ${}^{14}_{7}N$ تساوي ($14.003074\,u$) وكتلة ذرة الهيدروجين تساوي ($1.007825\,u$) وكتلة النيوترون ($1.008665\,u$) وأن $C^2 = 931\frac{Mev}{u}$.

B- أجب عن اثنين مما يأتي :
1) كيف تعمل التيارات الدوامة على كبح اهتزاز الصفيحة المعدنية المهتزة عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم ؟
2) ما المقصود بـ (عامل النوعية) ؟ وعلام يعتمد ؟
3) ما الفرق بين الباعث والجامع في الترانزستور من حيث ؟ ممانعة الملتقى ، نسبة الشوائب .

س6 : A- وضح بنشاط كيفية الكشف عن الموجات الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها المغناطيسي مع رسم مخطط يمثل جهاز تسلم الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة مجالها المغناطيسي .

B- أجب عن اثنين مما يأتي : 1) لو أجريت تجربة يونك تحت سطح الماء ، كيف يكون تأثير ذلك في طراز التداخل ؟
2) ما الفائدة العملية من دراسة الطيف الخطي البراق ؟
3) ما الذي يحدد مقدار التيار المنساب في دائرة المحرك ؟

استفد : شحنة الإلكترون = $1.6\times10^{-19} C$ ، ثابت بلانك = $6.63\times10^{-34} J.S$ ، سرعة الضوء في الفراغ = $3\times10^8 m/s$

$\tan 53^\circ = \frac{4}{3}$ ، $1\,nF = 10^{-9} F$ ، $\cos 90^\circ = 0$

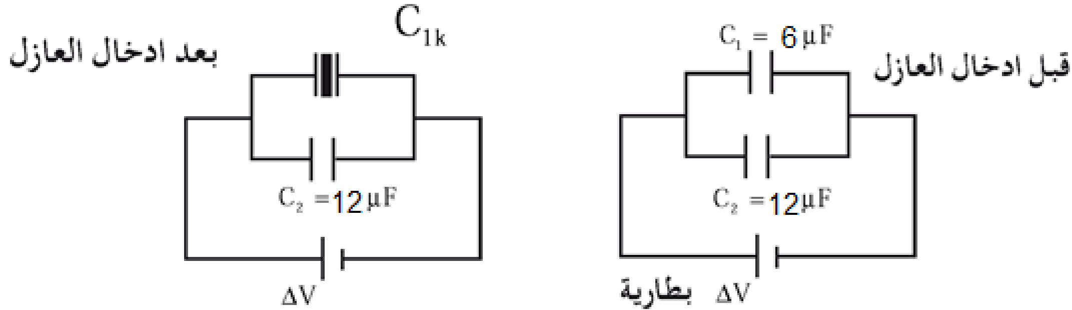
حل أسئلة الوزارية لمادة الفيزياء السادس العلمي

الدور الثاني - 2016

س1/

A.

متسعتان من ذوات الصفيحتين المتوازيتين $(C_1 = 6\mu F \ , C_2 = 12\mu F)$ ، مربوطتان مع بعضهما على التوازي، فاذا شحنت مجموعتها بشحنة كلية مقدارها $(180\mu C)$ بوساطة مصدر للفولطية المستمرة فاذا فصلت المجموعة عن البطارية وأدخل لوح من مادة عازلة كهربائيا ثابت عزلها (4) بين صفيحتي المتسعة الأولى ، جد مقدار الشحنة المختزنة بين صفيحتي كل متسعة وفرق جهد كل متسعة قبل وبعد إدخال العازل .



قبل أدخال العازل

$$C_{eq} = C_1 + C_2 = 6 + 12 = 18\ \mu F$$
$$\Delta V = \frac{Q_T}{C_{eq}} = \frac{180}{18} = 10V = \Delta V_1 = \Delta V_2$$
$$Q_1 = \Delta V \ . C_1 = 10 \times 6 = 60\mu C$$
$$Q_2 = \Delta V \ . C_2 = 10 \times 12 = 120\mu C$$

بعد أدخال العازل

$$C_{1k} = K\, C_1 = 4 \times 6 = 24\mu F$$
$$C_{eqk} = C_{1k} + C_2 = 24 + 12 = 36\mu F$$
$$Q_{Tk} = Q_T = 180\ \mu C$$
$$\Delta V = \frac{Q_{Tk}}{C_{eqK}} = \frac{180\ \mu C}{24\ \mu F} = 5V = \Delta V_{1k} = \Delta V_2$$
$$Q_{1k} = \Delta V \ . C_{1k} = 5 \times 24 = 120\ \mu C$$
$$Q_2 = \Delta V \ . C_2 = 5 \times 12 = 60\mu C$$

أعداد
الأستاذ علي جعفر هادي
ماجستير علوم فيزياء تطبيقية
07700735728

B. أجب عن أثنين فقط:

1. هل يمكن للمجال المغناطيسي أن يولد تياراً كهربائيا في حلقة موصلة مقفلة؟ وضح ذلك

ج/ نعم يمكن في حالة حصول تغيير في الفيض المغناطيسي $(\Delta\Phi_B)$ الذي يخترق الحلقة الموصلة لوحدة الزمن (وهذا يحدث عند حصول حركة نسبية بين المغناطيسي والحلقة الموصلة المقفلة (أقتراب او ابتعاد))

2. علام يعتمد عامل القدرة في دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي مقاومة صرف ومحث صرف ومتسعة ذات سعة صرف (R-L-C).

ج/ عامل القدرة Pf يعتمد على نسبة القدرة الحقيقية P_{real} الى القدرة الظاهرية P_{app} .

$$Pf = \frac{P_{real}}{P_{app}} = \cos\Phi$$

أو يعتمد على قياس زاوية فرق الطور Φ بين (I, V_T) لأن $Pf = \cos\Phi$

أو يعتمد على R , Z لأن :

$$Pf = \cos\Phi = \frac{R}{Z}$$

3. ايهما افضل لتوليد الليزر منظومة المستويات الثلاثة ام منظومة المستويات الأربعة؟ ولماذا؟

ج/ منظومة المستويات الاربعة افضل من منظومة المستويات الثلاثة لتوليد الليزر. لان التوزيع المعكوس في منظومة المستويات الاربعة اسهل مما هو عليه في منظومة المستويات الثلاثة.

أعداد

الأستاذ علي جعفر هادي
ماجستير علوم فيزياء تطبيقية
07700735728

س2/

A. سقط ضوء تردده $(0.75 \times 10^{15} Hz)$ على سطح معدن فكان جهد القطع اللازم لأيقاف للالكترونات الضوئية المنبعثة ذات الطاقة الحركية العظمى $(0.3V)$، جد مقدار تردد العتبة لهذا المعدن؟.

$$KE_{max} = V_s\, e = 0.3 \times 1.6 \times 10^{-19} = 0.48 \times 10^{-19}\ J$$

$$kE_{\ max} = E - w$$

$$kE_{\ max} = hf - hf_0$$

$$hf_0 = hf - kE_{\ max}$$

$$f_0 = \frac{hf - kE_{\ max}}{h}$$

$$f_0 = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 0.75 \times 10^{15} - 0.48 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$$

$$f_0 = \frac{4.97 \times 10^{-19} - 0.48 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = \frac{4.49 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}}$$

$$f_0 = 0.677 \times 10^{15} Hz$$

أعداد
الأستاذ علي جعفر هادي
ماجستير علوم فيزياء تطبيقية
07700735728

B. علل اثنين مما يأتي:

1. تعاني الموجات المنعكسة عن السطح الامامي للغشاء الرقيق انقلاب في الطور بمقدار (180^0)؟

الجواب: لان كل موجة تنعكس عن وسط معامل انكساره أكبر من معامل انكسار الوسط الذي قدمت منه يحصل لها انقلابا بالطور بمقدار (180^0).

2. نقصان مقدار السعة المكافئة لمجموعة من المتسعات المربوطة على التوالي ؟

الجواب: وذلك لزيادة البعد بين صفيحتي المتسعة المكافئة لربط التوالي بثبوت مساحة الصفيحتين ونوع العازل، فتقل السعة المكافئة.

3. انسياب تيار كبير في دائرة الثنائي البلوري pn عندما تزداد فولطية الانحياز بالاتجاه الامامي؟

الجواب: عندما تزداد فولطية الانحياز الامامي تضيق منطقة الاستنزاف ويقل مقدار حاجز الجهد للملتقى وتقل ممانعة الملتقى فينساب تيار كبير في دائرة الثنائي البلوري.

س3/

A . دائرة تيار متناوب متوالية الربط تحتوي على محث ومقاومة صرف مقدارها (30Ω) ومتسعة ذات سعة صرف ومصدرا للفولطية المتناوبة تردده $(50Hz)$ وفرق الجهد بين طرفي $(100V)$ وكان مقدار القدرة الحقيقية في الدائرة $(120W)$ ومقدار رادة الحث (160Ω) وللدائرة خصائص سعوية . احسب مقدار:

1 . التيار في الدائرة.　　　2 . سعة المتسعة.

3 . ارسم مخطط الممانعة واحسب قياس زاوية فرق الطور بين متجه الطور للفولطية الكلية ومتجه الطور للتيار.

(1) $P_{real} = I_R^2\, R$

$I_R^2 = \frac{P_{real}}{R} = \frac{120}{30} = 4$ بجذر الطرفين

$I_R = 2\,A = I_T$ لان الربط توالي

$Z = \frac{V_T}{I_T} = \frac{100}{2} = 50\ \Omega$ تيار الدائرة

(2) $Z^2 = R_T^2 + (X_L - X_C)^2 \Rightarrow 2500 = 900 + (160 - X_C)^2$

$\therefore (160 - X_C)^2 = 2500 - 900 = 1600$

$(160 - X_C)^2 = 1600$ بجذر الطرفين

$160 - X_C = \mp 40$

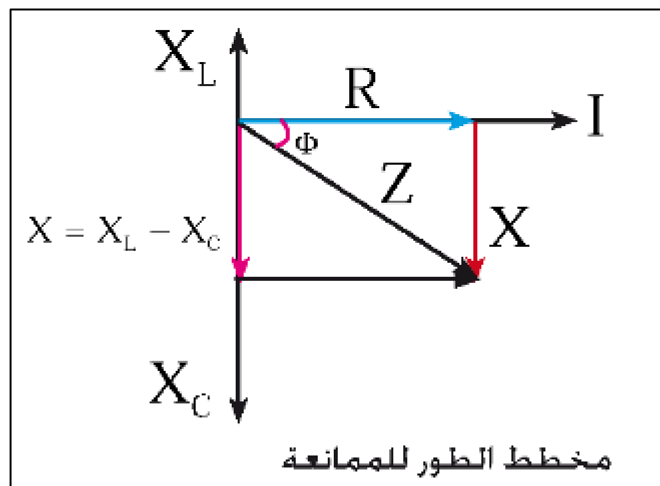
$\because$ للدائرة خصائص سعوية

$\therefore 160 - X_C = -40$

$X_C = 200\ \Omega$

$X_C = \frac{1}{2\pi fC} \Rightarrow 200 = \frac{1}{2\pi\times 50\ C} \Rightarrow C = \frac{1}{2\pi\times 50\times 200} \Rightarrow C = \frac{1}{20000\pi}F$

(3) $\tan\Phi = \frac{X_L - X_C}{R} = \frac{160-200}{30} = -\frac{40}{30} = -\frac{4}{3} \Rightarrow \Phi = -53^0$



B. **أختر الإجابة الصحيحة لأثنين مما يأتي:**

1) **متسعة مقدار سعتها** $(20nF)$ **، لكي تختزن طاقة في مجالها الكهربائي مقدارها** $(256 \times 10^{-3} J)$ **يتطلب ربطها بمصدر مستمر فرق جهده يساوي :**

$(500V, 150V, 16V, 12V)$

الجواب: $16\ V$

$$P.E = \frac{1}{2} C.(\Delta V)^2 \rightarrow \Delta V = \sqrt{\frac{2P.E}{c}} = \sqrt{\frac{2\times256\times10^{-8}}{20\times10^{-9}}} = 16\ V$$

2) **افترض انه قيس موضع جسيم بدقة تامة، اي ان** $(\Delta x = 0)$ **، فإن اقل لادقة في زخم هذا الجسيم تساوي: :**

(**مالانهاية** , 0 , $\frac{h}{2\pi}$, $\frac{h}{4\pi}$)

الجواب: مالانهاية.

3) **عندما تعانى نواة تلقائيا انحلال بيتا الموجبة فان عددها الذري:**

(**يزداد بمقدار واحد ، يقل بمقدار واحد، لايتغير ، يقل بمقدار أربعة**)

الجواب: **يقل بمقدار واحد.**

أعداد
الأستاذ علي جعفر هادي
ماجستير علوم فيزياء تطبيقية
07700735728

س4/

A. ملف معامل حثه الذاتي (0.4H) ومقاومته (20Ω) وضعت عليه فولطية مستمرة مقدارها (200 V) أجسب مقدار المعدل الزمني لتغير التيار :

a.لحظة غلق المفتاح b . لحظة ازدياد التيار الى (40 %) من مقداره الثابت .

a. لحظة غلق الدائرة

$$I_{ins} = 0$$

$$V_{net} = V_{applid} - \varepsilon_{ind}$$

$$I_{inst.} . R = V_{applid} - L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$0 = V_{applid} - L\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$L\frac{\Delta I}{\Delta t} = V_{applid}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{V_{applid}}{L} = \frac{200}{0.4} = 500\ \frac{A}{s}$$

أعداد
الأستاذ علي جعفر هادي
ماجستير علوم فيزياء تطبيقية
07700735728

b. لحظة ازدياد التيار الى (40%) من مقداره الثابت

$$I_{inst.} = 40\%\ I_{const.} = \frac{40}{100} \times \frac{V_{applid}}{R} = \frac{40}{100} \times \frac{200}{20} = 4\ A$$

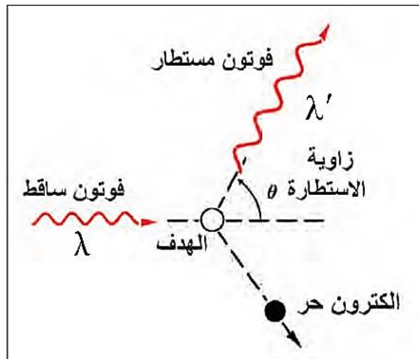
$$4 \times 20 = 200 - 0.4\frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{200-80}{0.4} = \frac{120}{0.4} = 300\ \frac{A}{s}$$

B. اجب عن أثنين مما يأتي:

1 . ماذا يحصل عند أعتراض هدف الكرافيت النقي لحزمة اشعة سينية؟

الجواب: عند أعتراض هدف الكرافيت النقي لحزمة اشعة سينية (فوتونات) ذات طول موجي معلوم (λ) ، فان الاشعة تستطار بزوايا مختلفة، وان الاشعة المستطارة ذات طول موجي (λ') اطول بقليل من الطول الموجي (λ) لحزمة الاشعة الساقطة وأن التغير في الطول الموجي ($\lambda' - \lambda$) بزيادة زاوية الاستطارة (θ). مع انبعاث الكترون من الجانب الاخر للهدف.



شكل (21) تأثير كومبتن

$$\lambda' - \lambda = \frac{h}{m_e c}(1 - \cos\theta)$$

2. ايهما افضل لزيادة التوصيل الكهربائي لأشباه الموصلات النقية عملية التشويب ام التأثير الحراري؟ وضح ذلك؟.

الجواب: عملية التشويب افضل من التأثير الحراري وذلك لعدم السيطرة على قابلية التوصيل الكهربائي لمادة شبه الموصل النقي بطريقة التأثير الحراري، فتضاف شوائب ذراتها خماسية التكافؤ او ثلاثية التكافؤ بعناية وبمعدل مسيطر عليه (بنسبة واحد لكل 10^8 تقريبا) وبدرجة حرارة الغرفة وبنسب قليلة ومحدودة بعملية تسمى التشويب (التطعيم) وتزداد قابلية التوصيل الكهربائي بزيادة حاملات الشحنة (الالكترونات والفجوات) بالبلورة مقارنة مع ما يحصل في التأثير الحراري.

3. هل يمكن لجسم ما ان تصل سرعته الى سرعة الضوء في الفراغ ؟

الجواب : لا يمكن ان نتصور إمكانية الوصول إلى سرعة الضوء لان ذلك يعني ان كتلة الجسم ستصبح مالانهاية ولا توجد لدينا قوانين في الوقت الحاضر لتفسير حركتها.

س5/

A. جد طاقة الربط النووية لنواة النيتروجين $({}^{14}_{7}N)$ و معدل طاقة الربط لكل نيوكليون. اذا علمت ان كتلة ذرة $({}^{14}_{7}N)$ تساوي $(14.003074u)$ وكتلة ذرة الهيدروجين $(1.007825u)$ وكتلة النيوترون $(1.008665u)$. وان $c^2 = 931\,\frac{MeV}{u}$

$$Z = 7\,,\ A = 14\,,\ N = A - Z = 14 - 7 = 7$$

$$E_b = (ZM_H + Nm_n - M)\,c^2$$

$$E_b = (7 \times 1.007825 + 7 \times 1.008665 - 14.003074) \times 931$$

$$E_b = (52.4069 + 74.6411 - 125.903322) \times 931 = 1.144788 \times 931$$

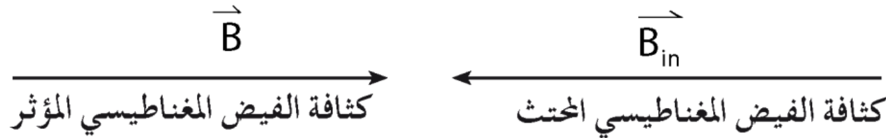
$$E_b = 0.112356 \times 931 = 104.603\ MeV$$

$$E'_b = \frac{E_b}{A} = \frac{104.603\ MeV}{14} = 7.472\ \frac{MeV}{nucleon} =$$

B. اجب عن اثنين مما يأتي:

1) كيف تعمل التيارات الدوامة على كبح اهتزاز الصفيحة المعدنية المهتزة عمودياً على مجال مغناطيسي منتظم؟

الجواب: سبب تولد التيارات المحتثة الدوامة في الصفيحة والتي تعمل على توليد مجال مغناطيسي محتث $\overrightarrow{B_{in}}$ معاكس لاتجاه المجال المغناطيسي المؤثر $\overrightarrow{B}$ ونتيجة لذلك تتولد قوة تنافر مغناطيسية معرقلة لاتجاه حركة الصفيحة داخل المجال المغناطيسي فتعمل على كبح اهتزازها (على وفق قانون لنز):



2) ما المقصود بعامل النوعية؟ وعلام يعتمد؟

الجواب: عامل النوعية Qf: هو النسبة بين مقداري التردد الزاوي الرنيني ω_r ونطاق التردد الزاوي $\Delta\omega$.

$$Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega}$$

يعتمد عامل النوعية Qf على النسبة بين مقداري التردد الزاوي الرنيني (ω_r) ونطاق التردد الزاوي $(\Delta\omega)$

: $Qf = \frac{\omega_r}{\Delta\omega}$ ،

أو يعتمد على C, L, R على وفق العلاقةالاتية:

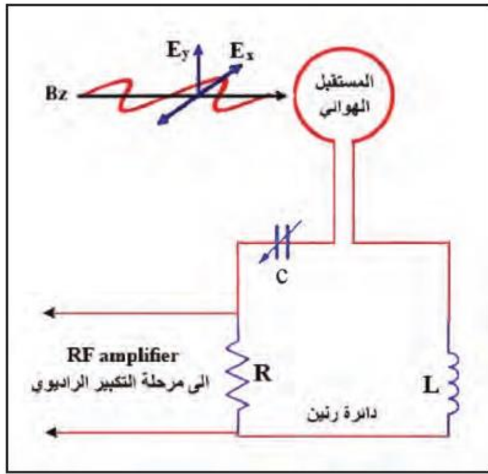
$$Qf = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{L}{C}}$$

3) مالفرق بين الباعث والجامع في الترانزستور من حيث: (a) ممانعة الملتقى. (b) نسبة الشوائب.

من حيث	الباعث في الترانزستور	الجامع في الترانزستور
(a) ممانعة الملتقى.	(الباعث – قاعدة) ممانعة الدخول صغيرة بسبب الربط الامامي.	(الجامع – قاعدة) ممانعة الدخول كبيرة بسبب الربط العكسي.
(b) نسبة الشوائب.	منطقة الباعث تطعم دائما بنسبة عالية من الشوائب.	منطقة الجامع تكون نسبة الشوائب فيها متوسطة.

س6/ A . وضح بنشاط كيفية الكشف عن الموجة الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها المغناطيسي مع رسم مخطط يمثل جهاز تسلم الموجات الكهرومغناطيسية بواسطة مجالها المغناطيسي؟

- نربط الدائرة الكهربائية المبينة في الشكل ، حيث يتكون الهوائي في هذه الدائرة من سلك موصل بشكل حلقة.
- تتولد قوة دافعة كهربائية محتثة (emf_{ind}) في حلقة الهوائي لكون المجال المغناطيسي للموجة الكهرومغناطيسية متغيرا مع الزمن.
- يتطلب ان يكون مستوى حلقة الهوائي بوضع عمودي على اتجاه الفيض المغناطيسي (لهذا السبب نجد ان اجهزة الراديو الصغيرة يختلف استقبالها لمحطات الاذاعة تبعا لاتجاهها).
- التوليف يكون مع الإشارة المستلمة في الهوائي عن طريق دائرة الرنين بوساطة تغيير سعة المتسعة الموجودة في الدائرة.



شكل (18) مخطط يمثل جهاز تسلم الموجات الكهرومغناطيسية بوساطة مجالها المغناطيسي

أعداد
الأستاذ علي جعفر هادي
ماجستير علوم فيزياء تطبيقية
07700735728

A . أجب عن اثنين فقط:

1) لو أجريت تجربة يونك تحت سطح الماء، كيف يكون تأثير ذلك في طراز التداخل ؟

الجواب: سوف تقل الفواصل بين هدب التداخل لان طول موجة الضوء في الماء أقصر عما هي في الهواء على وفق العلاقة الآتية : $\lambda_n = \frac{\lambda}{n}$ ، ولأن مواقع الحزم المضيئة والمظلمة تتناسب طرديا مع الطول الموجي (λ).

2) ما الفائدة العملية من دراسة الطيف الخطي البراق؟

الجواب: الكشف عن وجود عنصر مجهول في مادة ما او معرفة مكونات سبيكة بالطرائق الطيفية وذلك من خلال اخذ عينة من تلك المادة وتبخيرها في قوس كاربوني لجعلها متوهجة ثم يسجل طيفها الخطي بوساطة المطياف ويقارن الطيف الحاصل مع الاطياف القياسية الخاصة بطيف كل عنصر.

3) مالذي يحدد مقدار التيار المناسب في دائرة المحرك؟

الجواب: أن الفرق بين الفولطية الموضوعة ($V_{applied}$) والقوة الدافعة الكهربائية المحتثة المضادة (ε_{back}) في دائرة المحرك هو الذي يحدد مقدار التيار المناسب في الدائرة والذي يعطى بالعلاقة الآتية :

$$I = \frac{V_{applied} - \varepsilon_{back}}{R}$$